

The Influence of the duration of transport and shrink period on the post mortal glycogenolysis in young bulls

KLAUS FISCHER and CHRISTOPH AUGUSTINI

Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Federal Republic of Germany

Investigated were the influences of different temperatures during transport ( $+2^{\circ}\text{C}$ ,  $+12^{\circ}\text{C}$ ,  $+36^{\circ}\text{C}$ ), and an additional shrink period of 48 hours (2 animals each in a loose yard, water ad lib), prior to slaughter on the post mortal glycogenolysis in 48 young bulls of the German Simmental (GS) breed. All animals were shrunk for 22 hours before beginning of transport. The duration of transport lasted 4 hours, and the relative humidity in the conditioned lorry has been 65 %. Determined were the initial and final pH values of the M. long. dorsi, M. semimembranosus, M. semitendinosus, M. biceps femoris, M. psoas major and M. pectoralis profundus (45 min p.m. respectively 48 h p.m.), as well as essential metabolites of the glycogen metabolism 45 min p.m.

The different temperatures at transport and immediate slaughter did not lead in any case to dark cutting beef, only after the highest temperature were lower glycogen concentrations and lower initial pH values determined as well as higher lactate contents, especially in the M. semitendinosus. The additional shrinkage led in all examined muscles to a drastic decline of the glycogen concentration, at the clearest in the M. long. dorsi, M. semitendinosus and M. semimembranosus. In approximately 70 % of the animals which received a shrinkage were the final pH values in the M. long. dorsi higher than 5,8, and in 50 % higher than 6,2. Glucose, creatine-phosphate and ATP level remained nearly uninfluenced by the examined treatments.

Einfluß von Transporttemperatur und Nüchterung auf die postmortale Glykogenolyse bei Jungbullen

KLAUS FISCHER und CHRISTOPH AUGUSTINI

Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Bundesrepublik Deutschland

An 48 Jungbullen der Rasse Deutsches Fleckvieh wurden die Einflüsse unterschiedlicher Transporttemperaturen ( $+2^{\circ}\text{C}$ ,  $+12^{\circ}\text{C}$ ,  $+36^{\circ}\text{C}$ ) und einer zusätzlichen 48-stündigen Nüchterung (je 2 Tiere in Laufstallhaltung, Wasser ad lib) vor der Schlachtung auf die postmortale Glykogenolyse untersucht. Vor Transportbeginn wurden alle Tiere 22 Stunden genüchert. Die Transportdauer betrug 4 Stunden, die relative Luftfeuchtigkeit im klimatisierten Fahrzeug 65 %. In M. long. dorsi, M. semimembranosus, M. semitendinosus, M. biceps femoris, M. psoas major und M. pectoralis profundus wurden neben der Erfassung von Anfangs- und End-pH-Werten (45 min p.m. bzw. 48 h p.m.) 45 min p. m. wesentliche Metaboliten des Glykogenstoffwechsels bestimmt.

Die unterschiedlichen Transporttemperaturen führten bei sofortiger Schlachtung in keinem Falle zur Entstehung von dark cutting beef, aber nach der höchsten Temperaturstufe zu niedrigeren Glykogenkonzentrationen und Anfangs-pH-Werten sowie höheren Lactatgehalten, insbesondere im M. semitendinosus.

Die zusätzliche Nüchterung hatte in allen untersuchten Muskeln eine drastische Senkung der Glykogenkonzentration zur Folge, am deutlichsten in M. long. dorsi, M. semitendinosus und M. semimembranosus. Bei ca. 70 % der genücherten Tiere wurden im M. long. dorsi End-pH-Werte höher als 5,8 und bei 50 % höher als 6,2 gefunden.

Glucose-, Creatinphosphat- und ATP-Spiegel blieben durch die geprüften Behandlungsverfahren weitgehend unbeeinträchtigt.

## 4.2

### L'influence de la température au cours de la transportation et celui du repos sur la glycolyse "post-mortem" parmi les taurillons

Klaus Fischer, Christoph Auqustini,

L'Institut Recherche Fédéral sur la Viande, Kulmbach RFA

On a étudié dans le cas de 48 échantillons de taurillons tachetés, du type, "Simmental" l'influence des températures différentes de la transportation / + 2°C, + 12°C, + 36°C / et celui d'un repos de 48 heures avant l'abattage / 2-2 bêtes dans chaque cabane, l'addition de l'eau est permise / sur la glycolyse "post mortem". Avant la transportation toutes les bêtes ont été laissées reposer au cours de 22 heures. La durée de la transportation était 4 heures, la teneur en vapeur dans les véhicules climatisés était 65%. Dans les muscles long. dorsi, semimembranosus, psoas major et pectoralis profundus ont été constatés la valeur de pH-finale et celle au commencement / 45 min. et 48 heures "post mortem" / ainsi qu'ils ont été déterminés les métabolites de 45 min. "post mortem", les plus importantes de la métabolisme glycogène. Les températures différentes au cours de la transportation au cas d'un abattage immédiat ne se produisaient pas une viande de boeuf "dark cutting" sèche et obscure, mais à la température à plus élevée il est arrivé une concentration base de glycogène et une valeur de pH bas quant au commencement, ainsi qu'une teneur plus élevée en lactate, surtout dans les muscles semitendinosus. Le repos, dans tous les muscles examinés s'est produite une diminution forte de la concentration en glycogène, qui était la plus importante dans les muscles long. dorsi, semitendinosus et semimembranosus. Dans le cas de 70% des bêtes reposés, dans les muscles long dorsi on a trouvé la valeur de pH-finale plus élevée que 5,8 et dans le cas de 50% plus élevée que 6,2. Le niveau de glucose, de phosphate-créatine et celui de l'ATP n'a pas été influencé par des méthodes examinées.

### Влияние температуры транспортировки и предубойной выдержки на гликогенолиз молодых бычков.

КЛАУС ФИШЕР, КРИСТОФ АУСТИНИ

Федеративный исследовательский институт мясной промышленности, г.Кульмоах, ФРГ.

Исследовали гликогенолиз post-mortem 48 немецких молодых бычков породы Simmental при различной температуре транспортировки (+2°C, +12°C, +36°C) и при приблизительно 48 часах предубойной выдержки (по два животных в одном боксе, вода ad.lib). перед транспортировкой каждое животное выдерживали в течение 22 часов. время транспортировки 4 часа, относительная влажность в климатизированных машинах 65%. В мышцах long. dorsi, semimembranosus, с. psoas major и pectoralis profundus определили начальное и конечное значение pH (через 45 минут и 48 часов после убоя, кроме этого определили основные метаболиты гликогенного обмена веществ через 45 минут после убоя.

Различная температура транспортировки не вызвала при немедленном убое тёмного, сухого "dark cutting" мяса, но при самой высокой температуре обнаружена низкая концентрация гликогена и низкое начальное значение pH, а также высокое содержание лактата, особенно в мышце semitendinosus. Предубойная выдержка вызвала в каждой мышце значительное снижение концентрации гликогена, особенно в мышцах long. dorsi, semitendinosus и semimembranosus. Приблизительно у 70% выдержанных перед убоем животных в мышце long. dorsi конечное значение pH было выше, чем 5,8, у 50% животных — выше 6,2. температура транспортировки и выдержка не влияла на уровень глюкозы, креатинфосфата и АТФ.

## Einfluß von Transporttemperatur und Nüchterung auf die postmortale Glykogenolyse bei Jungbullen

KLAUS FISCHER und CHRISTOPH AUGUSTINI

Bundesanstalt für Fleischforschung, Kulmbach, Bundesrepublik Deutschland

### Einführung

Eigenschaften des dark cutting beef sind das Ergebnis veränderter biochemischer Abläufe. Bei der Aufklärung von Ursachen zur Entstehung dieser Qualitätsabweichung kann deshalb von der Betrachtung postmortalen Stoffwechselparameter die empfindlichere Aussage erwartet werden. In der vorliegenden Arbeit wurden die Auswirkungen unterschiedlicher Transporttemperaturen und einer zusätzlichen 48stündigen Boxenaufstallung bei gleichzeitigem Futterentzug auf den Verlauf der postmortalen Glykogenolyse untersucht.

### Material und Methoden

Zur Untersuchung kamen 48 Fleckviehbulen mit einem Mastendgewicht von ca. 600 kg. Alle Tiere erhielten 22 Stunden vor Versuchsbeginn die letzte Fütterung (Maissilage, Eiweißkonzentrat). Zum Versuch wurden je 2 Tiere auf ein klimatisierbares Fahrzeug verladen und auf Autobahnstrecken, Bundes- und Landstraßen 4 Stunden transportiert. Bei einer gleichbleibenden rel. Luftfeuchtigkeit von 65 % wurden +2°C, +12°C und +36°C als Temperaturvarianten gewählt. Die Schlachtung erfolgte sofort nach Ankunft bzw. nach einer 48stündigen Wartezeit, in der die Tiere nur Wasser ad lib. erhielten. Hierzu wurden die Bullen nicht mehr in den Anbindestall zurückgebracht, sondern unfixiert (je 2 Tiere) in einem ca. 12 m<sup>2</sup> großen Bereitstellungsraum gehalten. Erhöhte motorische Aktivität (Rangkämpfe, Aufreiten) war nur während der ersten Stunden zu beobachten, 45 min p.m. wurde aus den Muskeln M. l. dorsi, M. semimembranosus, M. semitendinosus, M. biceps femoris, M. psoas major und M. pectoralis profundus eine Probe entnommen, in flüssigem Stickstoff eingefroren und zur enzymatischen Bestimmung wesentlicher Metaboliten des Glykogenstoffwechsels verwendet (BERGMEYER, 1970; DALRYMPLE u. HAMM, 1973; HOHORST, 1970; LAMPRECHT u. TRAUTSCHOLD, 1970). Darüber hinaus wurde 45 min p.m. und 48 h p.m. der pH-Wert erfaßt.

### Ergebnisse und Diskussion

Als für die nachfolgende Entwicklung der Fleischbeschaffenheit wichtigstes Merkmal kann der Glykogengehalt angesehen werden. Von seiner Höhe hängt es ab, wieviel Substrat für die erwünschte Lactat- und Protonenbildung zur Verfügung steht. Zwischen den Temperaturvarianten (bei sofortiger Schlachtung) war bei allen untersuchten Muskeln eine Tendenz zu niedrigeren Glykogengehalten bei steigender Transporttemperatur festzustellen, am deutlichsten im M. semitendinosus. Bei diesem Muskel sind die Unterschiede zur höchsten Temperaturstufe stat. signifikant und, wie die zugehörigen Lactatwerte zeigen, offensichtlich durch eine bereits weiter fortgeschrittene Glykogenolyse bedingt (Abb. 1).

Sehr auffällig ist bei allen Muskeln ein ausgeprägter Glykogenabfall durch die zusätzliche Nüchterung. So liegen z. B. die Werte des M. l. dorsi im Mittel zwischen 13 und 22  $\mu$ Mol/g (Glucoseeinheiten) gegenüber 50 - 56  $\mu$ Mol/g nach sofortiger Schlachtung (Abb. 2). Aus der Abb. 3 über die zugehörigen Lactatwerte ist ersichtlich, daß es sich hierbei nicht um eine postmortal weiter fortgeschrittene Glykogenolyse handelt, sondern um einen bereits zur Zeit der Schlachtung bestehenden Glykogenmangel. Auch die 48 h p.m. gemessenen pH-Werte bestätigen das (Abb. 4); die Mittelwerte sind im Fleisch der genücherten Tiere stets höher und lassen über die hohen Streuungen erkennen, daß nach dieser Behandlung jedoch auch Fleisch erwünschter Beschaffenheit vorgelegen hat. Über die absolute Verteilung der End-pH-Werte im M. long. dorsi gibt Abb. 5 Auskunft. So lagen Transportbelastung und sofortiger Schlachtung alle 24 Werte zwischen 5,41 und 5,60, während nach der zusätzlichen Nüchterung nur noch 4 Individuen einen End-pH-Wert dieses Bereichs aufwiesen. Bei ca. 70 % der so behandelten Tiere wurden pH<sub>48</sub>-Werte > 5,8 gemessen. Das Ergebnis deckt sich nicht mit den Beobachtungen von HERBST (1964), der durch eine 60stündige Nüchterung von Jungbullen keinen Effekt auf den End-pH-Wert erzielen konnte. Möglicherweise ist das Ergebnis der schlechteren Fleischbeschaffenheit im vorliegenden Versuch auf den vorherigen Transport und die veränderte Umgebung während der Bereitstellung der Tiere zurückzuführen.

In der Lactatkonzentration traten hohe Differenzen zwischen den untersuchten Muskeln auf. Insbesondere der *M. psoas major* zeichnete sich durch höhere Werte aus. Dies stimmt mit den niedrigeren  $\text{pH}_1$ -Werten überein und weist auf einen schnelleren bzw. früher einsetzenden postmortalen Glykolyseverlauf hin. Dieser Muskel neigt auch beim Rind zu PSE-Abweichungen (FISCHER, Christine et al., 1977).

Während des postmortalen Abbaus von Glykogen zu Lactat kommt es stets zu einer Erhöhung der Glucose-Konzentration (DALRYMPLE u. HAMM, 1975; BATE-SMITH u. BENDALL, 1956), was auch bei der beschleunigten Glykolyse des PSE-Fleisches zu beobachten ist (FISCHER, K. u. AUGUSTINI, 1977). Entsprechend den Verhältnissen beim Lactat wurde demgemäß in einigen Muskeln, insbesondere im *M. semimembranosus* und im *M. semitendinosus* eine Tendenz zu höheren Glucose-Werten nach den  $36^\circ\text{C}$ -Transporten mit sofortiger Schlachtung gefunden. Darüber hinaus zeigten sich in diesem Merkmal keine klaren Behandlungseffekte. Zwischen den Muskeln bestehen insofern Differenzen als im *M. psoas major* deutlich höhere Konzentrationen ermittelt wurden, was ebenfalls mit dem höheren Lactatgehalt übereinstimmt (Tab. 1).

Hinsichtlich der ATP-Konzentration waren weder behandlungs- noch lokalisationsbedingte Unterschiede festzustellen (Tab. 2). Die Erklärung scheint in den noch durchweg hohen Creatinphosphatgehalten zu liegen. Diese Speichersubstanz, die einen kurzfristigen ATP-Verlust über die LOHMANN-Reaktion schnell kompensieren kann, wird bei ungenügender ATP-Restitution durch andere energieliefernde Prozesse bevorzugt zur Aufrechterhaltung der ATP-Reserve herangezogen. Solange also noch ein erhebliches Potential an Creatinphosphat vorhanden ist, kann davon ausgegangen werden, daß noch kein starkes Mißverhältnis zwischen ATP-Verbrauch und Wiederaufbau (durch die Glykolyse) besteht. Eine derartige Mangelsituation war bei den untersuchten Muskelproben offensichtlich noch nicht eingetreten. Die Creatinphosphatgehalte lagen mit 6 bis  $10 \mu\text{mol}$  noch im mittleren Drittel des in vivo-Bereichs. Eine Ausnahme bildete wieder der *M. psoas major* mit Mittelwerten zwischen 1 und  $4 \mu\text{mol/g}$ , die aber offensichtlich noch ausreichten, um den ATP-Spiegel weitgehend aufrecht zu erhalten. Befunde noch hoher Gehalte an energiereichen Phosphaten bei Rindfleisch mit erhöhtem End-pH-Wert (dark cutting beef) werden auch von FISCHER, Christine und HONIKEL (1978) genannt; sie stehen aber im Widerspruch zu den Ergebnissen von HONIKEL und FISCHER, Christine (1977), FISCHER, Christine und HONIKEL (1977) sowie POTTHAST und HAMM (1976), die bei Schweinefleisch mit zu hohen End-pH-Werten (DFD-Fleisch) 45 min p.m. erschöpfte ATP-Reserven vorfanden. Offensichtlich ist für die Entstehung dieser Qualitätsabweichung beim Rind ein anderer Reaktionsmechanismus verantwortlich.

#### Zusammenfassung

- Sehr hohe Temperaturbelastungen während eines 4stündigen Transportes führten in der Tendenz zu niedrigeren Glykogen- und höheren Lactatgehalten im Fleisch von Jungbulln, insbesondere im *M. semitendinosus*.
- Temperaturbelastungen während des Transportes alleine verursachten keine Qualitätsabweichungen im Sinne von dark cutting beef.
- Eine zusätzliche 48stündige Nüchternung in Laufstallhaltung führte zu einer drastischen Senkung der Glykogenkonzentration in allen untersuchten Muskeln, am deutlichsten in den Muskeln *M. long. dorsi*, *M. semitendinosus* und *M. semimembranosus*.
- Bei etwa 70 % der genüchternen Tiere wurden erhöhte End-pH-Werte ( $> 5,8$ ) im *M. long. dorsi* gefunden.
- ATP-, Glucose- und Creatinphosphatspiegel blieben durch die geprüften Varianten weitgehend unbeeinflusst. Für dark cutting beef erscheint deshalb ein anderer biochemischer Reaktionsverlauf charakteristisch zu sein, als für DFD-Fleisch beim Schwein.
- Der *M. psoas major* nimmt hinsichtlich des Metabolitmusters 45 min p. m. durch stets höhere Glucose- und Lactat- sowie niedrigere Glykogen- und Creatinphosphatkonzentrationen und pH-Werte eine Sonderstellung ein.

Literatur

- Bate-Smith, E.C. und J.R. Bendall: Changes in muscle after death. *Brit.Med.Bull.* 12, 230 (1956). - Bergmeyer, H.U., Bernt, E., Schmidt, F. und H. Stork: D-Glucose - Bestimmung mit Hexokinase und Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenase. In Bergmeyer, H.U.: *Methoden der enzymatischen Analyse*, Band II, 1163 (1970). - Dalrymple, R.H. und R. Hamm: A method for the extraction of glycogen und metabolites from a single sample. *J. Fd. Technol.* 8, 439 (1973). - Dalrymple, R.H. und R. Hamm: Post-mortem glycolysis in prerigor ground bovine and rabbit muscle. *J. Fd. Sci.* 40, 850 (1975). - Fischer, Christine und K. Honikel: Ein einfacher Schnell-Test zur Unterscheidung von normalem, PSE- und DFD-Fleisch beim Schwein. *Fleischwirtschaft* 57, 1018 (1977). - Fischer, Christine und K. Honikel: Biochemische Unterschiede von blassem, wässrigem und dunklem, leimigem Rindfleisch kurz nach der Schlachtung. *Fleischwirtschaft* 58, 1348 (1978). - Fischer, Christine, Scheper, J. und R. Hamm: Über das Auftreten von wässrigem, blassem Rindfleisch. *Fleischwirtschaft* 57, 1826 (1977). - Fischer, K. und Chr. Augustini: Studien der postmortalen Glykogenolyse bei unterschiedlichen pH<sub>i</sub>-Werten in Schweinefleisch. *Fleischwirtschaft* 57, 1191 (1977). - Herbst, H.: Die Prüfung der Fleischbeschaffenheit an Nachkommen des schwarzbunten Rindes unter dem Einfluß verschiedener Mastmethoden und unterschiedlicher Nüchternungsdauer. Dissertation Göttingen (1964). - Hohorst, H.-J.: L(+)-Lactat, Bestimmung mit Lactat-Dehydrogenase und NAD. In Bergmeyer, H.U.: *Methoden der enzymatischen Analyse*, Band II, 1425 (1970). - Honikel, K. und Christine Fischer: Eine Schnellmethode zur Bestimmung von PSE- und DFD-Fleisch beim Schwein. *Fleischwirtschaft* 57, 1015 (1977). - Lamprecht, W. und I. Trautschold: ATP-Bestimmung mit Hexokinase und Glucose-6-Phosphat-Dehydrogenase. In Bergmeyer, H.U.: *Methoden der enzymatischen Analyse*, Band II, 2024 (1970). - Potthast, K. und R. Hamm: Biochemie des DFD-Fleisches. *Fleischwirtschaft* 56, 978 (1976).

Abbildungen 1, 2 und 3: Konzentrationen von Glykogen und Lactat (Abb. 1), Glykogen (Abb. 2) und Lactat (Abb. 3) nach unterschiedlicher Behandlung durch Transporttemperatur und Schlachtzeitpunkt - Mittelwerte und Standardabweichungen

Figures 1, 2 and 3: Concentrations of glycogen and lactate (fig. 1), glycogen (fig. 2), and lactate (fig. 3), after different treatments by transport temperature and time of slaughtering - mean values and standard deviations

Abb. 1

Fig. 1

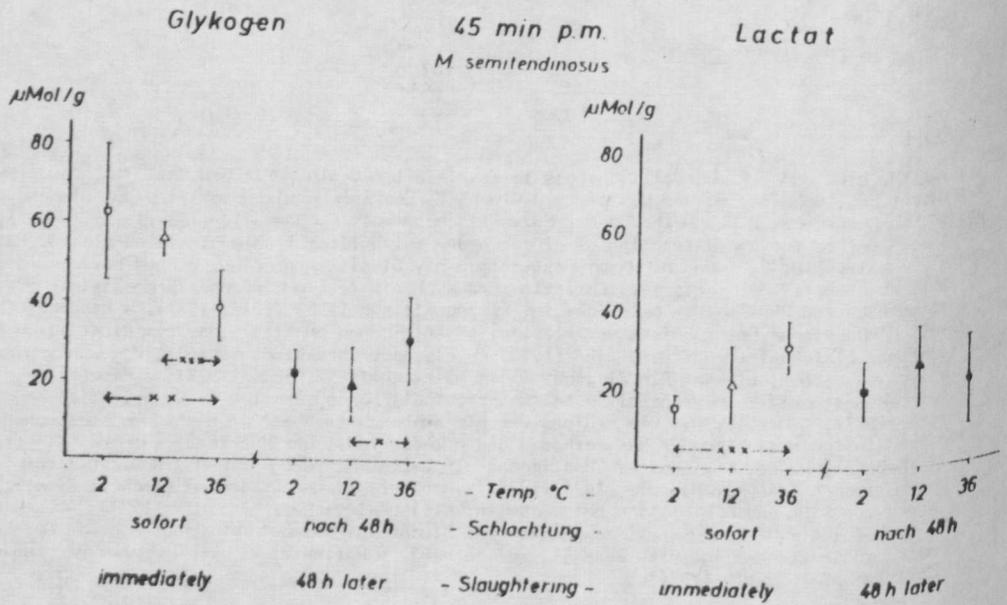


Abb. 2

Fig. 2

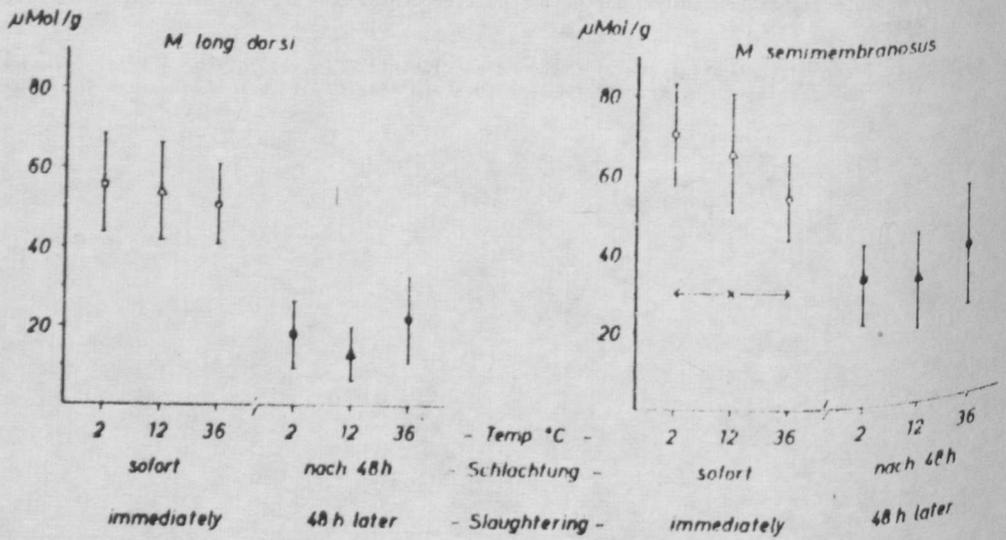


Abb. 3

Fig. 3

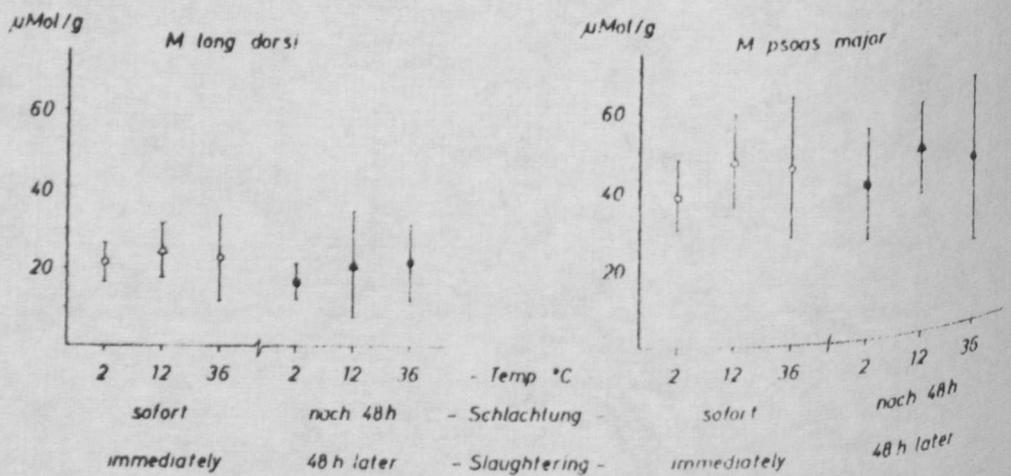


Abb. 4: pH-Werte (48 h p.m.) nach unterschiedlicher Behandlung durch Transporttemperatur und Schlachtzeitpunkt - Mittelwerte und Standardabweichungen  
 Fig. 4: pH-values (48 h p.m.) after different treatments by transport temperature and time of slaughtering - mean values and standard deviations

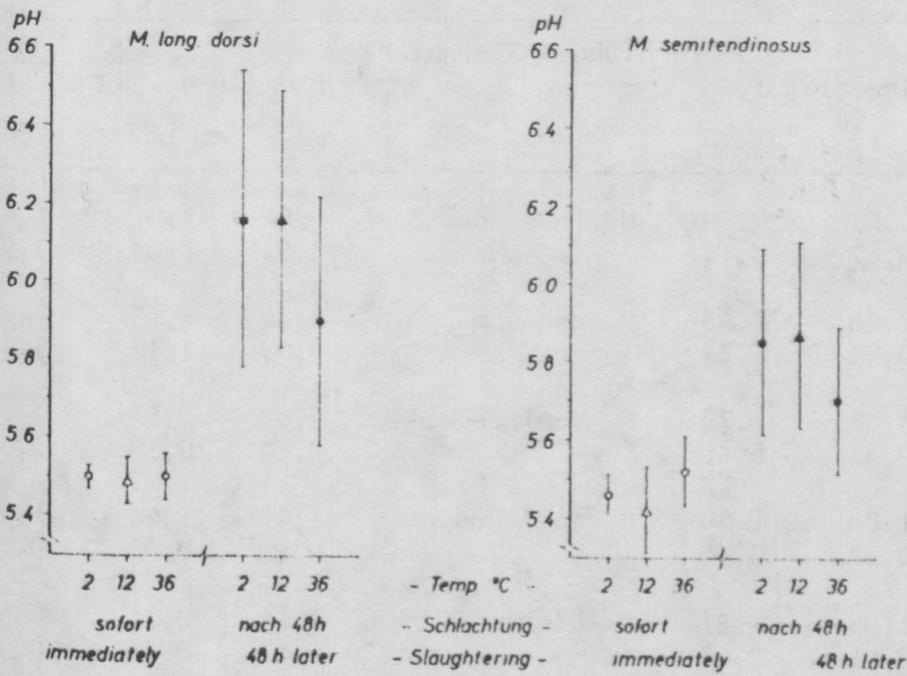


Abb. 5: Absolute Verteilung der pH-Werte 48 h p.m. im M. l. dorsi nach unterschiedlicher Behandlung durch Transporttemperatur und Schlachtzeitpunkt  
 Fig. 5: Absolute distribution of pH-values 48 h p.m. in the M. l. dorsi after different treatments by transport temperature and time of slaughtering

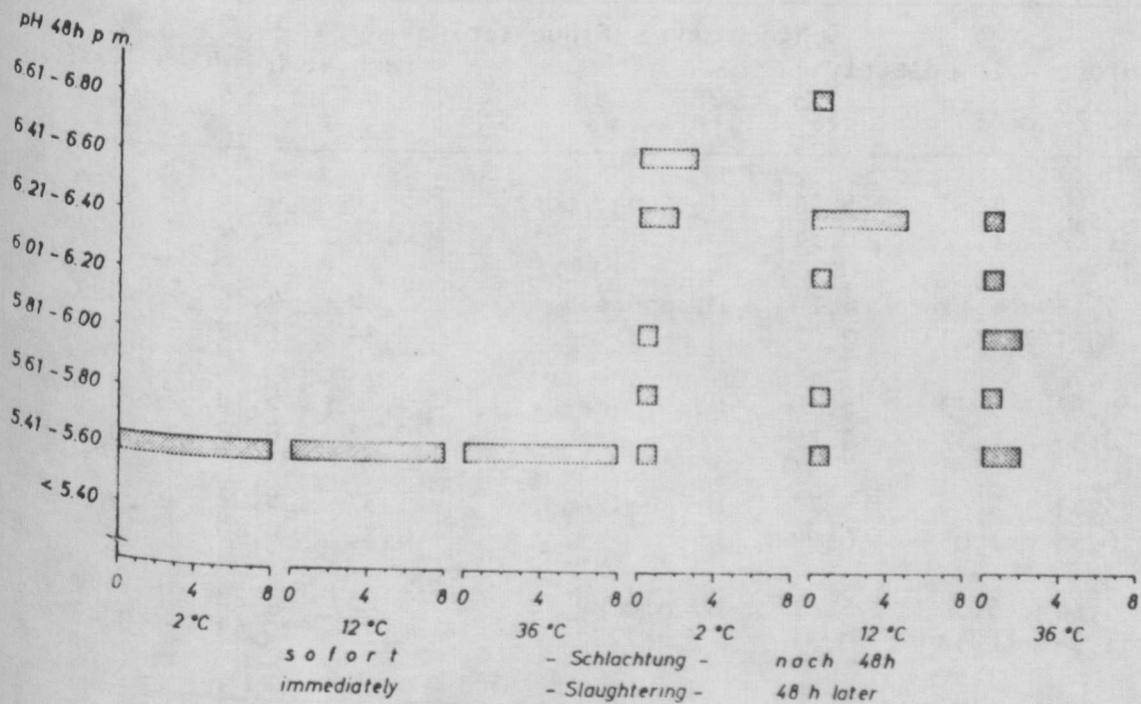


Tabelle 1: Glucosekonzentration 45 min p.m. ( $\mu\text{Mol/g}$ ) in unterschiedlichen Muskeln - Mittelwerte und Standardabweichungen -  
 Concentration of glucose 45 min p.m. ( $\mu\text{Mol/g}$ ) in different muscles - mean values and standard deviations -

|           |      | Schlachtung - Slaughtering |      |                |          |                        |      |     |
|-----------|------|----------------------------|------|----------------|----------|------------------------|------|-----|
|           |      | sofort - immediately       |      |                | Temp. °C | nach 48 h - 48 h later |      |     |
|           |      | 2°                         | 12°  | 36°            |          | 2°                     | 12°  | 36° |
| $\bar{x}$ | 1,02 | 0,73                       | 0,96 | M. long. dorsi | 1,01     | 1,01                   | 1,44 |     |
| s         | 0,65 | 0,17                       | 0,74 |                | 0,51     | 1,03                   | 1,94 |     |
| $\bar{x}$ | 2,47 | 2,28                       | 2,68 | M. psoas m.    | 2,30     | 2,65                   | 2,58 |     |
| s         | 1,20 | 0,92                       | 1,27 |                | 0,99     | 1,12                   | 1,21 |     |
| $\bar{x}$ | 0,76 | 0,62                       | 1,70 | M. semimembr.  | 0,59     | 0,57                   | 1,19 |     |
| s         | 0,36 | 0,33                       | 0,69 |                | 0,24     | 0,30                   | 0,92 |     |
| $\bar{x}$ | 0,81 | 1,00                       | 1,50 | M. semitend.   | 1,49     | 1,46                   | 1,04 |     |
| s         | 0,22 | 0,37                       | 0,68 |                | 0,80     | 0,99                   | 0,89 |     |
| $\bar{x}$ | 1,08 | 1,04                       | 1,21 | M. biceps f.   | 1,14     | 0,87                   | 0,80 |     |
| s         | 0,89 | 0,91                       | 0,47 |                | 0,82     | 0,38                   | 0,37 |     |

Tabelle 2: ATP-Konzentration 45 min p.m. ( $\mu\text{Mol/g}$ ) in unterschiedlichen Muskeln - Mittelwerte und Standardabweichungen  
 Concentration of ATP 45 min p.m. ( $\mu\text{Mol/g}$ ) in different muscles - mean values and standard deviations -

|           |      | Schlachtung - Slaughtering |      |                |          |                        |      |     |
|-----------|------|----------------------------|------|----------------|----------|------------------------|------|-----|
|           |      | sofort - immediately       |      |                | Temp. °C | nach 48 h - 48 h later |      |     |
|           |      | 2°                         | 12°  | 36°            |          | 2°                     | 12°  | 36° |
| $\bar{x}$ | 5,44 | 4,80                       | 5,16 | M. long. dorsi | 5,10     | 4,57                   | 4,89 |     |
| s         | 1,22 | 1,22                       | 0,34 |                | 0,51     | 0,64                   | 0,41 |     |
| $\bar{x}$ | 5,13 | 4,11                       | 4,70 | M. psoas m.    | 5,19     | 4,26                   | 3,43 |     |
| s         | 1,97 | 1,42                       | 2,02 |                | 0,86     | 1,69                   | 1,23 |     |
| $\bar{x}$ | 5,82 | 5,73                       | 5,60 | M. semimembr.  | 5,76     | 5,43                   | 5,55 |     |
| s         | 0,39 | 1,57                       | 0,79 |                | 0,22     | 0,42                   | 0,48 |     |
| $\bar{x}$ | 5,43 | 5,69                       | 5,72 | M. semitend.   | 5,33     | 5,02                   | 5,22 |     |
| s         | 0,55 | 1,05                       | 0,90 |                | 0,50     | 0,49                   | 0,61 |     |
| $\bar{x}$ | 5,64 | 5,36                       | 5,61 | M. biceps f.   | 5,23     | 5,23                   | 5,34 |     |
| s         | 1,38 | 1,50                       | 0,31 |                | 0,73     | 0,43                   | 0,43 |     |